

※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※

※

※      高層建築設計風荷重之風洞實驗研究（二）      ※

※    Wind Tunnel Investigations on the Design Wind Load of    ※

※                  High-rise Buildings (2)                  ※

※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※

計畫編號：NSC89-2211-E-032-024-

執行期間：89 年 8 月 1 日至 90 年 10 月 31 日

計畫主持人：鄭啟明

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- ☐赴國外出差或研習心得報告一份
- ☐赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- ☐出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- ☐國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：淡江大學土木系

中 華 民 國 91 年 2 月 21 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 高層建築設計風荷重之風洞實驗研究（二）

### Wind Tunnel Investigations on the Design Wind Load of High-rise Buildings (2)

計畫編號：NSC 89-2211-E-032-024

執行期限：89 年 8 月 1 日至 90 年 10 月 31 日

主持人：鄭啟明 淡江大學土木系

計畫參與人員：劉中泰 淡江大學土木系碩士

#### 一、中文摘要

本文實驗主要探討四種斷面形式系列之高層建築，在開闊與都市地形於不同風攻角下所受的風力。斷面形式系列分別為：1. 正多邊形斷面系列 2. 不同深寬比矩形斷面系列 3. 不同 L 形斷面系列 4. 較不規則斷面系列。並以一高寬比 7，其長寬高分別為 40、40、280 公尺之矩柱為容積率基準，保持所有探討之高層建築有相同體積、斷面積及高度。實驗採用力平衡儀量測法，推算出結構物之設計風載重，最後分別根據各斷面形式系列，比較模型系列中的差異。由本文實驗結果得知，尖峰載重越大會造成越大的設計風載重，而大部分的斷面高層建築在都市地形都有較大的設計風載重。越多邊的正多邊形斷面模型，所受到的風力會越小，而圓形斷面的高層建築能十分有效降低其設計風載重。比較不同深寬比系列，隨著深寬比的增加，側向的設計風載重會降低，但卻會提高扭轉向的設計風載重。在不同 L 行斷面系列中，因為此系列的斷面形狀都不對稱，所以擁有比其他斷面形式大很多的扭轉向設計風載重。較不規則斷面則對扭轉向風力也有嚴重的影響。

**關鍵詞：**高層建築、設計風載重力、力平衡儀

#### Abstract

This paper is to measure the wind forces acting on the four different series of building cross-section in both urban flow and city flow field. The four series of cross-section

are (1) pure polygon cross-section, (2) rectangular with different width/depth ratio, (3) different form of L cross-section, (4) irregular cross-section. The volume, cross-section area and height of all models are identical to a square prism with aspect ratio of 7. Based on the selection procedure developed by the wind tunnel laboratory of Colorado State University, several critical load cases were selected for the design purpose. After analyzing, the design wind load at each floor of the target building can be calculated.

The experimental results indicate that, if peak load is greater that can cause greater design wind load. Most models have greater design wind load in city flow field. Pure polygon cross-section model has less wind force. And circular shape can decrease design wind load effectively. Comparing the experiment of the rectangular shape models, increasing the width/depth ration can decrease lateral design wind load but raise torsional design wind load. In different form of L cross-section series, these models have unsymmetrical cross-section. Hence, they have greater torsional design wind load than the symmetrical cross-section models. Irregular cross-section also has high design wind load.

**Keywords:** Tall Buildings, Design Wind load, Force Ballance

#### 二、緣由與目的

在從事高層建築設計時，風力是一重

要的側向力載重。而目前國內外的規範當中，對於風力載重的行為均是用經驗公式來作計算，實在無法完全描述風力工程的隨機與複雜多樣之特性；況且結構物鄰近的地形、地物及風向等等皆是影響結構物所受到風力大小的重要因素，規範實在無法涵蓋周全，所以高層建築必須進行風洞實驗，將真實的情況盡可能的模擬出來，以彌補規範不能考慮周詳之處。本文即在探討對擁有相同容積率及建蔽率使用條件下之高層建築，不同的斷面形式對所受風力之影響與比較。

本實驗研究採用力平衡儀法，量測結構物模型整體所受到的風力，包括基底剪力(base shear)、基底彎矩(base moment)和扭矩(torque)，再配合隨機振動及結構動力學的方法可推算結構物各高度所受到的風力。此量測系統對模型製作上的要求只需盡量提高其自然頻率，亦不需在表面或內部安排任何管線或裝置，因此十分適合本研究對模型製作造型上的要求。

本文主要是探討高層建築的斷面型式對其設計風載重之影響，並將斷面形式分為四個主題系列，分別為：(1) 正多邊形斷面系列 (2) 不同深寬比矩形斷面系列 (3) 不同 L 形斷面系列 (4) 較不規則斷面系列。並以一高寬比 7，其長寬高分別為 40 公尺 40 公尺 280 公尺的建築物為基準，以保持所有探討之高層建築有相同之體積和相同之容積率及建蔽率。研究過程與內容包括以下幾個階段：(1) 風洞實驗流場模擬：利用粗糙元素、錐形擾流板和阻牆模擬出平坦地形(BL1,  $\alpha=0.15$ )與都會地形(BL2,  $\alpha=0.32$ )兩種流場。(2) 模型製作與力平衡儀率定：依據本文研究主要探討之四個斷面形式系列，分別以 1:400 之縮尺製作模型，並對力平衡力作率定，證明其準確性。(3) 驗證此實驗之準確性及可重複性：以 BL1、BL2 二個流場所量得的風力係數、風力頻譜與之前學長用同樣方式量得的結果相比較，驗證實驗的準確性及可重複性。(4) 實驗結果分析與比較：將實驗結果經分析計算可得到風力頻譜、風力係數及各個風向角下各模型的基底尖峰彎矩，再利用美國科羅拉多州立大學風洞實驗室的評估方法選出幾個最嚴重的風向角

與載重形式，用以作為設計風載重之依據。並分別以四個探討主題比較各個模型所受之風力。

### 三、結果與討論

本文主要是探討高層建築的斷面型式對其設計風載重之影響，並將實驗分為四個主題，分別為：(1) 正多邊形斷面系列 (2) 不同深寬比矩形斷面系列 (3) 不同 L 形斷面系列 (4) 較不規則斷面系列，共計建制了十八組不同斷面的高層建築模型。並以一高寬比 7，實際建物尺寸為長 40 公尺、寬 40 公尺、高 280 公尺之建築為容積率基準，並使本文所有探討之高層建築保持有相同之體積、斷面積及高度。而模型尺寸為真實結構尺寸的 1/400。透過力平衡儀實驗，量測各組高層建築模型在平坦與都市地形之邊界層流場中的風力特性。有關風力係數、風力頻譜以及設計風載重的詳細數據及分析結果，請參閱參考文獻[1]。本研究的主要結論可歸納如下：

- (一) 各斷面模型的側向平均風力係數在 BL1 流場時會比在 BL2 流場時來得大，因 BL1 流場有較大的風速，而扭轉向風力係數就不一定，可能因為 BL2 流場的擾動特性造成的不均勻流場或模型斷面的特性，而使得某幾座模型的平均扭力係數在 BL2 流場下比較大。擾動風力係數部分，具有較大擾動特性流場的 BL2 其擾動風力係數會大於 BL1。而模型受到的擾動性風力會影響建築物的設計風載重。而不論是平均或擾動風力係數，對於風攻角的變化，在 BL1 及 BL2 下都有相同的趨勢。
- (二) 就本文所探討的斷面模型，除了少許的斷面模型以外，其尖峰載重及設計風載重在 BL2 時都比在 BL1 時來得大，雖然在 BL1 流場會受到較大的平均風力，但尖峰載重是由平均值加上尖峰因子與擾動值的乘積，BL2 流場有較大的擾動特性，所以模型會受到較強烈的擾動性風力，因而造成這種情形。而尖峰載重越大亦會造成越大的設計風載重。

(三) 在正多邊形斷面系列中，原則是越多邊的正多邊形斷面模型，其受到的風力也就越小，設計風載重也相對的降低，而正三角形斷面模型因斷面形式的緣故，其扭轉向的受力情形比其他正多邊形斷面模型還要嚴重的多。正六邊形和正八邊形斷面模型就能降低設計風載重，不過圓形斷面的高層建築卻有本文中所有斷面模型最小的各向設計風載重，顯示此種斷面形式的高層建築能非常有效的減低所受到的風力。

(四) 在不同深寬比矩形斷面系列中，由風攻角 0 度的 y 向風力頻譜可看出，深寬比越大越容易形成再接觸現象，導致其渦散作用越不明顯。在設計風載重方面，隨著深寬比的增加，側向的設計風載重則會降低，然而擁有較大深寬比的矩形斷面，卻會大幅提高扭轉向的設計風載重，所以在從事設計斷面深寬比大的高層建築物時，要特別注意扭轉方面。

(五) 在不同 L 形斷面系列中，L50 有最大的 x 向設計風載重，L1 有最大的 y 向設計風載重，而因此系列三座模型都為不對稱斷面，經實驗後所受到的扭力差不多，在 BL2 流場時，並不能明顯看出誰有最大的扭轉向設計風載重，可是跟其他系列的較對稱斷面模型相比則大非常多，表示 L 形的高層建築，在扭轉向的受力情形最需要令人擔心。

(六) 在較不規則斷面系列中，本系列高層建築的斷面形式並沒有一定的趨勢，C1 並沒有極大或極小的側向設計風載重，但卻有滿小的彎矩向設計風載重。C2 有很大的 x 向及 y 向設計風載重。C3 高層建築的斷面形式和正方形差不多，所以得到的設計風載重跟正四邊形高層建築差不多。而 C4 為圓弧形斷面的高層建築，在扭轉向設計風載重則非常大，表示此斷面形式會受到很強烈的扭轉向影響。

「以風洞實驗為基礎的高層建築防風設計準則」，作為高層建築設計初期的風載重依據。本人擬以這二年所完成的國科會研究計畫案成果為核心，透過未來三年的持續研究，將其發展為一個具有工程實務價值的高層建築風工資料庫。目前已獲得的數據，稍加整理便可提供工程界參考之用。由主持人的主觀判定上，認為過去兩年的研究成果大體符合計畫預期，尚稱令人滿意。

## 五、重要參考文獻

- [1] 劉中泰，2001，高層建築之斷面形式對其設計風載重之影響，淡江大學土木工程研究所碩士論文。
- [2] 張嘉文，1999，以力平衡儀評估高層建築之設計風載重，淡江大學土木工程研究所碩士論文。
- [3] 謝雨利，2000，幾何造型對高層建築設計風力載重的影響，淡江大學土木工程研究所碩士論文。

## 四、計畫成果自評

本計畫是計畫主持人現階段的重要研究項目，其終極目的在於建構一個完整的